

# REALIDAD Y VIRTUALIDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CON NTICS

## Un Enfoque Desde La Perspectiva De La Educación Integral

Hugo A. Kofman

Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral

Santiago del Estero 2829 Santa Fe R. Argentina

hkofman@fiquis.unl.edu.ar

### Resumen

En este trabajo se propone una discusión de carácter general sobre la educación y las NTICS, mencionándose específicamente la problemática de la educación a distancia, modalidad que hoy tiende a ser priorizada en ciertas instituciones educativas como forma de aplicación de esas tecnologías. Se consideran al respecto los conceptos, contextos y consecuencias de dos paradigmas que configuran el trasfondo de distintas concepciones y propuestas educativas: el positivista y el humanista. Apoyándose en éste último se describe una experiencia de aplicación de las NTICS en la enseñanza de la física de nivel universitario en una modalidad presencial, a la que se propone complementar con ciertas instancias virtuales. Para ilustrar la propuesta, se describe el desarrollo de un Trabajo Práctico de electromagnetismo, en el que se combina en experimento real con la simulación y se discuten los distintos modelos matemáticos que pueden utilizarse para dar cuenta del fenómeno físico en cuestión. En el mismo se destaca la importancia del diseño didáctico, para planificar actividades de comprensión que promuevan el razonamiento cualitativo, la creatividad y la toma de decisiones por parte de los propios alumnos.

### Palabras claves

NTICS; Virtualidad; Enseñanza; Física; Constructivismo

### Introducción

En la mayor parte de los congresos y revistas sobre NTICS en la enseñanza, se considera a éstas estrechamente ligadas al concepto de *virtualización*. A su vez, este término parece ser interpretado de diversas maneras. Para quienes se dedican a la enseñanza a distancia, se trata de un sinónimo de dicha modalidad. Por tal razón se habla de “Campus Virtual” como de un sitio en un servidor de Internet, al cual tienen acceso los docentes y alumnos, y se designa como “Universidad Virtual” a una institución que no tiene necesariamente un espacio físico real, sino que puede funcionar en oficinas dispersas o en los hogares de docentes y alumnos, es decir a un sistema de enseñanza superior que opera en la red. En esa perspectiva, hay quienes conciben la enseñanza a distancia como únicas instancias de enseñanza y aprendizaje, mientras que otros la adoptan como modalidad dominante, complementada con ciertas instancias presenciales.

La palabra “virtualidad” se suele utilizar también en otro sentido, partiendo del concepto de “realidad virtual” como *un entorno de simulación capaz de dar la sensación de realidad*, y que puede incluir distintos medios audio-visuales, incluyendo dispositivos ópticos que dan la impresión de tres dimensiones. Desde esa definición se suelen designar como actividades o experimentos virtuales a aquellas instancias de enseñanza (ya sea a distancia o presencial) en las cuales el alumno no tiene contacto directo con los sistemas físicos reales. Se suele hablar de “laboratorio virtual” como de una colección ordenada de experimentos simulados (generalmente como applets), que se pueden utilizar tanto en la enseñanza presencial como a distancia, en algunos casos como sustitución completa del experimento real, y en otras como complemento o introducción al mismo. El mismo término, “laboratorio virtual”, se suele utilizar también para designar a lo que otros docentes llaman “laboratorio remoto”, o sea, experimentos reales conectados a un servidor web, al cual se puede tener acceso a través de Internet. Un ejemplo en este

sentido puede ser visualizado accediendo por ejemplo al Sitio de la Universidad Manizales – Colombia: <http://labvirtual.unalmzl.edu.co/htmls/>.

Desde la perspectiva de la educación presencial, la aplicación de las NTICs en la enseñanza no es confundida con el concepto de virtualidad, aunque es forzoso reconocer que no se trata ésta de la opinión más difundida en estos momentos.

### Distintos enfoques sobre Educación y NTICs

Si el mismo término *virtualización* es interpretado como la transformación completa o mayoritaria de la enseñanza presencial en enseñanza a distancia, la discusión que habría que plantear es muy amplia, ya que no solo debe abarcar los aspectos pedagógicos y tecnológicos, sino que resultan relevantes otras dimensiones que hacen al concepto general de la educación, debate que involucra incluso al plano filosófico. Esto, si se tiene en cuenta la diferencia entre los conceptos de *educación* e *instrucción*, siguiendo en este aspecto la importante diferenciación ya hecha por José Martí en el siglo XIX. Debate que por otra parte no se plantea en forma frecuente, sino que se suele dar por sobreentendido y resuelto a través de cierta idea de modernidad: *todo lo que es incorporación de nuevas tecnologías es beneficioso de por sí, y todo lo que sea oponerse a eso es una muestra de obsolescencia y resistencia al cambio*.

En cambio, la discusión es más limitada si sólo se la plantea en la perspectiva de incorporar elementos de virtualidad a la enseñanza presencial, o de analizar en qué circunstancias resulta ventajosa la educación a distancia.

Si se trata de la perspectiva de “virtualizar” el conjunto de la educación superior, debiéramos preguntarnos, entre otras cosas: ¿cual sería el impacto de tal mutación en relación a la formación de valores en los alumnos? Esto implica un debate en el cual se pueden contrastar dos grandes paradigmas: el positivista y el humanista. Para el primero, la tecnología es la que impone los cambios, que son esencialmente impredecibles e ineludibles. Para el segundo, la voluntad humana a nivel de decisiones políticas conscientes es el factor preponderante, que podría definir cual es el uso que se debe dar a la tecnología. Mientras que el positivismo considera inevitable (y en algunos casos deseable) que las relaciones “cara a cara” entre las personas tiendan a ser reemplazadas cada vez más por vinculaciones mediatizadas tecnológicamente (Castells, 1997), para el humanismo, las relaciones directas entre las personas seguirán siendo fundamentales e irremplazables en muchos aspectos (Maturana, 2000). Esta última corriente de pensamiento se vincula fuertemente con las líneas pedagógicas más avanzadas del constructivismo, que sostienen que la construcción de significados es una actividad esencialmente social, por lo que resulta de singular importancia la formación de la “comunidad de aprendices mutuos” (Bruner, 1997).

En esa discusión, tampoco debiéramos dejar de lado a otra de las dimensiones que hacen a la educación: la importancia de la participación en actividades sociales y políticas de los estudiantes, cuestiones que se vinculan al concepto de “formación integral”, que viene desde la Reforma Universitaria de 1918 en Córdoba, y que constituyen una realidad palpable en muchos países latinoamericanos y también europeos. Participación que es sin duda social y grupal, y que no parece que pueda ser realizada, al menos tan intensamente, en un contexto de educación no presencial, teniendo en cuenta el relativo aislamiento en que se encontrarían los estudiantes, conectados desde sus hogares a los espacios virtuales, a través de los cuales deben comunicarse.

De modo que, incluso en términos de honestidad intelectual, sería conveniente explicitar desde qué concepción nos situamos para opinar sobre el tema. A nuestro entender, el humanismo no es una utopía ni una ilusión ingenua, sino que constituye un cuerpo, quizás heterogéneo, de ideas en el cual nos debemos situar los docentes para promover una educación que no sólo sirva para enseñar y desarrollar conocimientos, sino también, y como cuestión no menos importante, formar en el estudiante una sólida concepción acerca de cómo y en qué debe aplicar sus conocimientos: para aportar a la soberanía, al desarrollo sostenible y a la justicia social de nuestros países. Por el otro lado, quizás no sea muy creíble una supuesta “ingenuidad”. El positivismo, que en nuestra área deviene en tecnocratismo, no hace más que

encubrir una de las peores formas de la política, que consiste en disfrazarse de “a-política” para de hecho servir a los intereses del actual status quo: hegemonía y privilegios para las minorías, y estancamiento, dependencia y pobreza para otros. Pensemos también en cuántos científicos o tecnólogos “a-políticos” son utilizados para desarrollar dispositivos para la cada vez más poderosa maquinaria de la muerte, manejada por una elite supuestamente iluminada y colocada en los puestos de decisión internacional por cierto “destino manifiesto” para velar por “nuestra seguridad”.

Además del concepto de modernidad, existe otro argumento que se suele utilizar en favor de la mutación de la educación presencial a educación a distancia: las razones económicas. Tal fundamento no abre juicio sobre cuestiones pedagógicas, sino que plantea una cuestión práctica referida a las dificultades de acceso a la educación superior por parte de jóvenes o personas de mayor edad, que tienen dificultades materiales para trasladarse a los centros de enseñanza, lo cual podría ser remediado por el acceso a los “campus virtuales”. No se trata entonces de una propuesta global sobre la transformación de la educación, sino de una modalidad alternativa y complementaria a la educación presencial, en este caso limitada a casos particulares, que como tal podría cumplir un fin noble, en tanto no se transforme en el elemento discriminador que imponga una división entre Educación para Ricos y Educación para Pobres. Aun con ese riesgo, se trata de una visión esencialmente diferente a la de proponer a la educación a distancia como la panacea del siglo XXI.

Desde nuestro punto de vista, no se trata de desconfiar y mucho menos de rechazar las posibilidades que brindan las nuevas tecnologías, sino por el contrario, el desafío consiste en apropiarse de esas herramientas, pero para aplicarlas en un cierto marco pedagógico, social y político, de modo que sirvan para un aprendizaje del mejor nivel, del mayor desarrollo de la creatividad, de la autonomía intelectual y de una formación integral de los jóvenes. Considerando que son ellos quienes habrán de protagonizar los cambios y mejoras que requieren nuestras sociedades, no solo en su vida profesional, sino desde el momento mismo de su participación como estudiantes en diversas actividades sociales y políticas. De acuerdo a nuestro criterio, esto sólo es posible en un entorno de educación presencial, en el que el estudiante realice un conjunto de actividades de aprendizaje que promuevan el desarrollo de su iniciativa, creatividad y adaptación para el trabajo en grupo. Por ejemplo, la participación en actividades de iniciación en actividades de investigación, actividades que se deben integrar a debates o trabajos específicos que abarquen las vinculaciones sociales, políticas de los contenidos curriculares.

Plantear la centralidad y prioridad para la enseñanza presencial, incluso en el nivel superior, no significa descartar los distintos aportes que puede brindar la enseñanza a distancia, ya sea como complemento de la primera, como soporte para el perfeccionamiento docente o profesional, como alternativa para personas de mayor edad, para estudiantes con problemas de acceso a los centros de enseñanza, u en otras funciones específicas que dependen de las disciplinas particulares.

### El caso de la Física en ciencias naturales

Si bien hoy se están implementando con la modalidad a distancia muchas carreras del área de las ciencias sociales, no es ésta la situación de las carreras de ciencias naturales y tecnológicas. En el caso de la Física, tratándose de una ciencia experimental, la situación resulta singular. Los experimentos de laboratorio, con manipulación de los sistemas, observación directa de los fenómenos y mediciones de diversas magnitudes, resultan de fundamental importancia para la enseñanza, y sobre todo en su ciclo básico. En caso contrario, se corre el riesgo de adquirir una noción distorsionada o “matematizada” de la propia disciplina, perdiéndose de vista que los modelos matemáticos, como una representación parcializada e incompleta del complejo mundo físico, resultan siempre subordinados a los fenómenos reales.

En síntesis, la enseñanza de la Física requiere de una fuerte vinculación entre teoría y práctica, lo cual impone la necesidad de una modalidad centralmente presencial, a la cual debemos adaptar los aportes de las NTICs.

### La experiencia en nuestro ámbito de trabajo

En el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral, de la Argentina, se está implementando desde hace varios años y en forma progresiva, la aplicación de las NTICs en la enseñanza, en su instancia presencial, con la perspectiva de incorporar actividades experimentales en forma remota e instancias complementarias a distancia. La experiencia se viene realizando en los Trabajos Prácticos, en los cuales se han incorporado simulaciones y sistemas de adquisición de datos experimentales con procesamiento en línea. Las simulaciones se aplican en aquellas situaciones de difícil o imposible experimentación y visualización, y también como un complemento de experimentos reales.

En el estudio de la Electrostática se utiliza un software que permite representar el campo eléctrico y el potencial de una hilo recto cargado, el cual permite estudiar el principio de superposición, las simetrías extremas e intermedia del sistema y entender el Campo Eléctrico como gradiente negativo del potencial. En el tema Óptica Física se aplica un software que simula la formación de espectros de difracción por parte de ranuras y redes, con posibilidad de variar la longitud de onda, el número y ancho de ranuras, y la distancia entre ellas, pudiéndose asimismo superponer los espectros de varias longitudes de onda y estudiar así el poder de resolución de una red. Dicho software se utiliza vinculado a un sistema de adquisición de datos que permite leer la intensidad luminosa en espectros reales producidos por redes y ranuras. En Circuitos Eléctricos se utiliza un sistema de adquisición de datos para estudiar el comportamiento de fenómenos transitorios, tal como la carga o descarga de un condensador, el circuito RL y las oscilaciones electromagnéticas producidas por los circuitos RLC. El software de dicho sistema permite realizar simulaciones con los correspondientes modelos y parámetros, para así poder estudiar el grado de correspondencia entre modelo y sistema real. A nivel de grupo piloto se trabajó asimismo con software de simulación de circuitos eléctricos, aplicándose a Corriente Continua, Corriente Alterna y estudio de fenómenos transitorios.

Las herramientas antes mencionadas se aplican con un diseño didáctico orientado a promover el razonamiento cualitativo, la conceptualización de los fenómenos y la creatividad. Para ello se proponen una serie de situaciones problemáticas a las cuales los alumnos deben encontrar respuesta o solución con ayuda del software y/o de los dispositivos experimentales computarizados, tratándose de evitar en todo lo posible la realización de tareas estructuradas en forma de “receta”. Las actividades de enseñanza se realizan con presencia de un docente que interacciona con los distintos grupos de alumnos, tratando de guiarlos en el desarrollo de sus tareas, más a través de preguntas orientadoras que de respuestas o indicaciones.

Al poco tiempo de encarar este cambio metodológico, se observó que a los alumnos les resultaba dificultoso avanzar. No entendían las consignas, no sabían que hacer ni a lo que se pretendía llegar. Esto ocurría por su fuerte acostumbramiento a las tareas programadas en forma de procedimientos estandarizados. Frente a esta situación, el docente generalmente atinaba a introducir modificaciones en las consignas y hasta terminaba respondiendo a las demandas de los estudiantes: ¿Qué hacemos Profesor? Habiendo pasado por esta experiencia, se ha constatado que, si el docente persiste con la metodología propuesta, los alumnos empiezan a buscar los caminos y luego de un cierto tiempo se terminan acostumbrando a la misma. Aprenden a leer y releer las consignas hasta que las entienden, y así logran diferenciar los distintos tipos de respuestas que se les pide: hallar un resultado numérico, dar una respuesta cualitativa, formular una justificación teórica, encontrar alguna ley, etc. Y se acostumbran a buscar los caminos para tratar de llegar a la solución. Aprenden a utilizar las simulaciones y los experimentos, en el marco del razonamiento teórico, para encontrar las respuestas. De esta manera terminan incorporando estas poderosas herramientas cognitivas a sus tareas normales de aprendizaje, así como alguna vez incorporaron la calculadora.

Como ya se mencionó, el hecho de trabajar con herramientas informáticas en un entorno presencial, no implica negar el uso de actividades virtuales. Actualmente se proyecta la aplicación de laboratorios remotos en la realización de algunos trabajos prácticos, particularmente para el estudio de circuitos RC, RL y RLC en régimen transitorio. Actividades que se vincularán a otras de carácter presencial, con la finalidad

de ampliar las posibilidades de acceso de los alumnos en forma personal a los experimentos, desde su propio hogar o a través de computadoras del gabinete de informática de la Facultad.

De igual modo se estudia la posibilidad de proponer actividades en los llamados laboratorios virtuales, o sea con simulaciones alojadas en la red.

### Fundamentos pedagógicos de la propuesta

Los resultados obtenidos hasta el momento resultan más que alentadores, aunque resultan prácticamente imposibles de evaluar a través de metodologías tradicionales de comparaciones cuantitativas con grupos de control, ya que se trata de cambios que abarcan un conjunto de dimensiones interrelacionadas; razón por la cual se trata de reportar los cambios a través de observaciones sobre el modo de trabajar de los grupos, el análisis de los informes, las respuestas a las evaluaciones parciales y las opiniones encuestadas a los estudiantes en forma individual. Tal metodología se fundamenta en que la introducción de la NTICs no se realiza como una variable independiente de la cual se pueda evaluar su incidencia parcial, dejando constante a las otras variables, sino que se está implementando una transformación global, que abarca no solo aspectos tecnológicos, sino también a los contenidos y metodologías. El objetivo es promover una forma más rica y creativa en las formas de pensamiento, lo cual tendrá repercusiones a largo plazo en el desempeño de los alumnos, inclusive en su actividad profesional. Complejidad que no resulta evaluable a través de simples estadísticas de puntajes en exámenes.

Tal dificultad constituye un verdadero escollo cuando se trata de la discusión con quienes sólo ven en las NTICs a ciertas herramientas ventajosas para seguir enseñando de la misma manera que antes pero en una forma más eficiente, pero que no se detienen a pensar en términos pedagógicos, y exigen pruebas cuantitativas de las “dudosas” ventajas de ese cambio metodológico. Postura que en el fondo está relacionada a la actitud común en los docentes de reproducir la forma en que cada uno aprendió.

Podemos sintetizar los fundamentos pedagógicos del cambio metodológico propuesto, en torno al concepto de *Actividades de Comprensión*. Al respecto, habría que considerar que la comprensión no se concibe como un estado de posesión del conocimiento, sino como un estado de capacitación, estado que nos permite realizar ciertas cosas con ese conocimiento (Perkins, 1997).

Algunas de estas cosas que se podrían hacer cuando se entiende un tema, de acuerdo a ese autor serían:

- La explicación (con otras palabras)
- La ejemplificación (citar casos particulares)
- La aplicación (resolver un problema)
- La justificación (alguna forma de prueba o corroboración)
- La comparación y el contraste (con otros conceptos)
- La contextualización (dentro de la disciplina)
- La generalización (dentro de conceptos más abarcativos)
- etc.

Perkins considera que

“La comprensión no es algo que ‘se da o no se da’. Es abierta y gradual”. “Respecto de un tema determinado, uno puede entender poco (es decir puede realizar pocas actividades de comprensión) o mucho (es decir puede realizar muchas actividades de comprensión), pero no puede entender todo pues siempre aparecen nuevas extrapolaciones que uno no ha explorado, y que aún no es capaz de hacer.

Esta perspectiva permite esclarecer la meta de la *pedagogía de la comprensión*: capacitar a los alumnos para que realicen una variedad de actividades de comprensión vinculadas con el contenido que están aprendiendo. Además, evoca el principio básico que señalamos en la introducción: el aprendizaje es una consecuencia del pensamiento. Todas las actividades de comprensión – explicar, encontrar nuevos ejemplos, generalizar, etc.- requieren pensar”.(1997, pág.83).

Respecto a esa gradualidad, el autor propone cuatro niveles para la comprensión (Idem, pág. 88):

- Contenido
- Resolución de problemas

- Nivel epistémico

- Investigación

Perkins vincula la comprensión a la generación de imágenes o modelos mentales, que son representaciones internas de los distintos conceptos, fenómenos o leyes. Tales representaciones juegan un rol central en las actividades de comprensión, tal como la resolución de problemas. Es así que un modelo mental que no sea funcional con el fenómeno físico en cuestión, nos lleva generalmente a tomar caminos y hallar respuestas equivocadas, aun cuando se conozca y se pueda enunciar perfectamente la ley física correspondiente.

Una de las actividades de aprendizaje que resulta efectiva para el desarrollo de los modelos mentales es el trabajo con simulaciones, puesto que las mismas permiten estudiar los fenómenos en forma cualitativa, analizando los distintos comportamientos frente a valores diferentes de los parámetros en juego. Posibilidad que generalmente resulta limitada en la experimentación.

Perkins propone también, para favorecer la construcción de los modelos mentales, el uso de “representaciones potentes”, que serían analogías con cosas o fenómenos que los alumnos tienen muy internalizados por su familiaridad (Idem, pág. 92).

Si bien compartimos con Litwin (2000) que no resulta “posible o recomendable referirse a los cuatro niveles en todos los casos como una suerte de abordaje metodológico” (pág. 104), es evidente que cuanto mayor sea el nivel al que se llegue (no en forma forzada), el aprendizaje será de mayor significación.

Los conceptos anteriores abonan la importancia del diseño didáctico en la aplicación de las NTICs en la enseñanza, el cual deberá tener en cuenta la gradualidad propuesta por Perkins, pero también procurará incorporar herramientas y actividades que traten de elevar al mayor nivel posible las actividades de comprensión. Por ejemplo, el uso de simulaciones vinculadas a la realización de experimentos reales representa una forma de llegar al nivel epistémico, ya que de esa manera el alumno puede reflexionar sobre el rol de los modelos matemáticos en la física, lo cual significa promover un pensamiento de carácter general sobre la disciplina en sí. Cuestión que fundamenta la propuesta de diseñar entornos de aprendizaje en los que los alumnos operen con múltiples herramientas que permitan realizar abordajes complementarios de los diversos contenidos. Actividades que habrán de plantearse preferentemente como situaciones problemáticas, ya sea que requieran respuestas puntuales o generales.

### Un ejemplo en el tema Electromagnetismo

Para tratar de mejorar la comprensión de los alumnos sobre el tema de las leyes de Ampere y de Biot y Savart, se ha diseñado un trabajo práctico que tiene como tema central el estudio del campo magnético producido por un solenoide con corriente. Las herramientas utilizadas son:

- 1) Un solenoide cuyas dimensiones relativas no lo aproximan a la idealidad requerida por la Ley de Ampere. El mismo se conecta a una fuente de tensión controlada, en serie con un amperímetro.
- 2) Un sensor de efecto Hall, conectado a una computadora que permite medir y registrar valores de campo magnético con sus coordenadas espaciales, para realizar un mapeo de dicho campo.
- 3) Un software de simulación que calcula el campo magnético creado por el solenoide en cualquier punto del espacio, mediante la Ley de Biot-Savart.
- 4) Una guía de Trabajo Práctico en la que se desarrolla analíticamente el cálculo del diferencial de una de las componentes del campo magnético del solenoide mediante la Ley de Biot y Savart, considerando al solenoide como formado por un arrollamiento filiforme helicoidal. En la misma se plantea una serie de preguntas y actividades para ser realizadas por los alumnos.

El objetivo propuesto es el de comparar los dos modelos matemáticos en cuestión con el comportamiento del sistema físico real, con el propósito de que los alumnos adquieran una noción clara sobre las características de cada uno, y además que puedan constatar mediante la simulación cuales son los parámetros relativos para que un solenoide se acerque a las condiciones de idealidad requeridas por la Ley de Ampere. Se propone alcanzar tales objetivos a través de una metodología que potencie la iniciativa y la toma de decisiones por parte de los mismos estudiantes, para lo cual las tareas y preguntas se plantean en forma relativamente abiertas.

En la figura 1 se muestra el equipo experimental, pudiendo observarse el solenoide al centro, la fuente de tensión a la izquierda, la interfase de conversión A/D a la derecha y la computadora al fondo.



Figura 1: solenoide y sensor de efecto Hall

En la figura 2 se muestra la pantalla de la simulación, con la que se ha realizado el cálculo del campo magnético en un punto situado en el interior del mismo. Se presenta el resultado del campo con sus tres componentes cartesianas y el módulo.

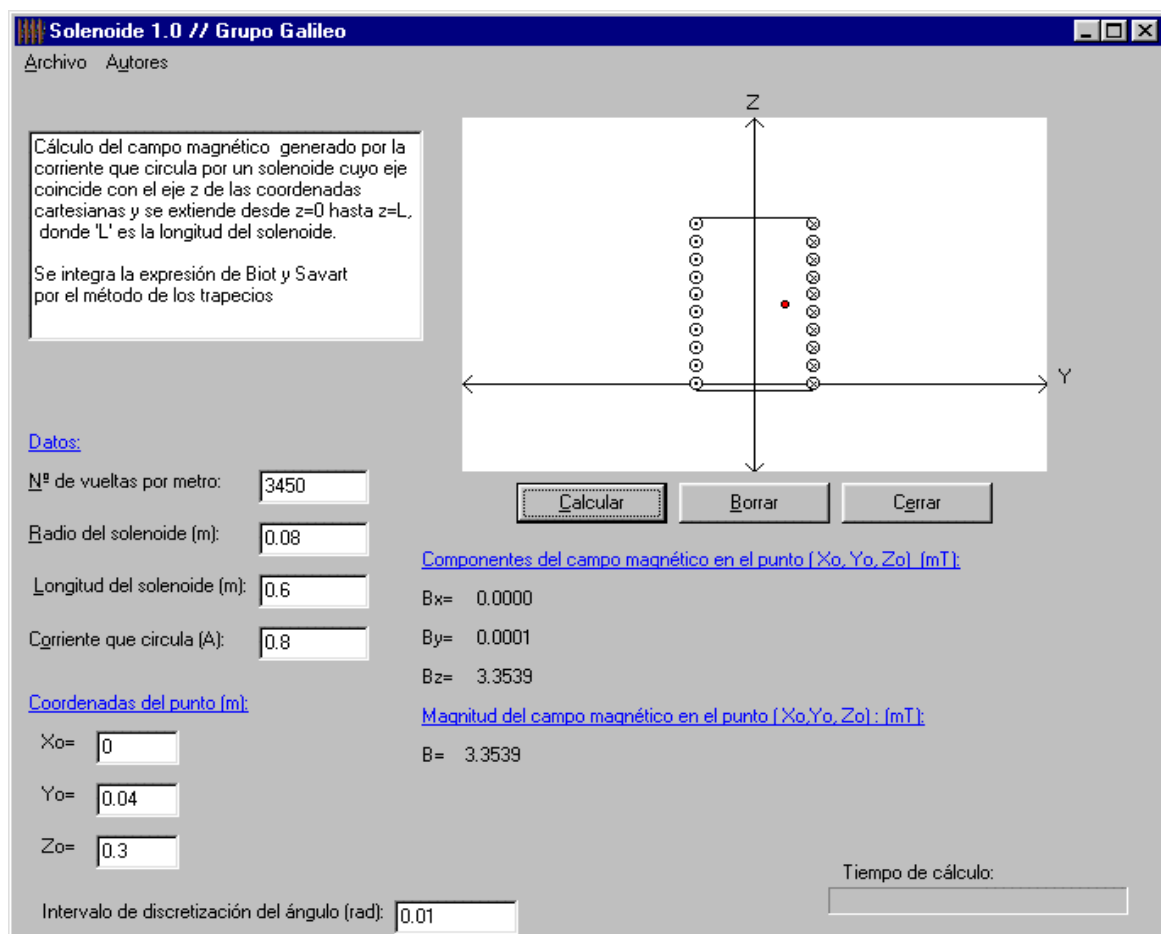


Figura 2: pantalla de la simulación del campo magnético de un solenoide

A continuación (fórmula 1) se indica el resultado de la deducción del diferencial de una de las componentes del campo magnético del solenoide a través de la Ley de Biot y Savart, notándose la imposibilidad de ser integrada en forma simbólica, por lo que el programa de cálculo utiliza un método numérico. En el desarrollo del trabajo práctico son los alumnos quienes deben deducir las expresiones de cálculo para las otras dos componentes.

$$dB_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\left[ (R \cos \phi) \left( z_0 - \frac{P}{2\pi} \phi \right) - \frac{P}{2\pi} (y_0 - R \sin \phi) \right]}{\left[ (x_0 - R \cos \phi)^2 + (y_0 - R \sin \phi)^2 + \left( z_0 - \frac{P}{2\pi} \phi \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} d\phi \quad (1)$$

### Listado de tareas a resolver por el alumno

A continuación se muestra el listado de actividades a realizar por los alumnos durante el desarrollo del trabajo práctico, las que son presentadas en forma de problemas:

**Problema 1:** Realiza mediciones de campo magnético con el sensor Hall, conectando al mismo una fuente de tensión de 24V (medir el valor de la intensidad de corriente), para distintos puntos dentro del solenoide: a lo largo de su eje, en su centro, en puntos cercanos a las espiras. Construye una tabla de valores del campo en función de las coordenadas.

**Problema 2:** Calcula el valor del campo magnético en el interior del solenoide, mediante la Ley de Ampere, con una intensidad de corriente igual al del experimento anterior.

**Problema 3:** Demuestra la expresión (1) y las correspondientes a las otras componentes del campo magnético.

**Problema 4:** Calcula valores del campo magnético mediante la Ley de Biot y Savart (con el software de simulación) para distintos puntos dentro del solenoide, en los mismos puntos del problema 1. Amplía la tabla del problema 1, para que incluya los resultados del problema 2 y del 4, y las diferencias porcentuales de los dos modelos con los valores experimentales. Obtiene conclusiones al respecto.

**Problema 5:** Modifica los parámetros del solenoide para el cálculo del campo por medio de la Ley de Biot y Savart con el software, de manera que su valor tienda a coincidir con el que da la Ley de Ampere.

**Problema 6:** Analiza, de la forma que consideres conveniente, hasta qué punto es válida la suposición de que el campo magnético es nulo en el exterior del solenoide, tal como lo plantea la Ley de Ampere.

### Resultados:

Del análisis de las preguntas propuestas, surge el carácter abierto del diseño didáctico, en el cual tanto las actividades a realizar, como el análisis de resultados y el tipo de respuestas deben ser decididas en su mayor parte por los alumnos, lo cual se orienta a promover el desarrollo de la creatividad y la autonomía intelectual. Se entiende que los estudiantes que realizan este Trabajo Práctico ya han pasado por experiencias similares en temas previos de la asignatura, razón por la cual ya cuentan con una importante experiencia en la modalidad.

Se intenta también promover el razonamiento cualitativo, el cual está vinculado al desarrollo de modelos o esquemas mentales sobre los fenómenos físicos, los cuales tienen un rol fundamental a la hora de resolver situaciones problemáticas que no se reducen sólo a cálculos numéricos.

Los resultados a los que arriba en este caso, dan cuenta de una mayor coincidencia de los resultados experimentales con la Ley de Biot y Savart, dado que el solenoide es relativamente corto en relación a su



diámetro, lo cual determina que el valor del campo magnético varíe considerablemente de un punto a otro en su interior, y que además no se anule en su exterior. Cuestiones alejadas del modelo propuesto por la Ley de Ampere, que supone un campo uniforme en el interior y un campo nulo en el exterior.

Por otra parte, los alumnos adquieren una noción más concreta acerca del significado de las condiciones de idealidad que se deben verificar para que la Ley de Ampere provea un resultado cercano al experimento, a lo cual acceden a través de la modificación de parámetros, tal como lo plantea el problema 5.

Como ya se mencionó, la vinculación entre modelo matemático y realidad experimental, permite una elevación de las actividades de comprensión hasta el nivel epistémico, lográndose con este Trabajo Práctico abarcar tres niveles en dichas actividades.

Finalmente es de destacar el rol que cumple la puesta en común de los resultados obtenidos por los distintos grupos, ya que en esta discusión se someten al análisis, distintos criterios experimentales y de cálculo, así como los conceptos vinculados.

## Conclusiones

La discusión planteada en torno a la aplicación de las NTICs en la enseñanza, nos conduce a dos propuestas diferentes, según se realice un enfoque positivista o humanista. El primero subordina los conceptos sobre educación y pedagogía, a la tecnología, que es la que impone los criterios de acuerdo a las posibilidades que brinda. Por el contrario, un enfoque humanista nos lleva a definir en primer término los objetivos más generales de la educación, y a partir de estos, proponer un modelo pedagógico con sus correspondientes diseños didácticos orientados a los correspondientes objetivos específicos.

Desde nuestra perspectiva, situada explícitamente en una concepción humanista, las nuevas tecnologías pueden brindar herramientas poderosas que aplicadas en un entorno centralmente presencial, permitirían acceder a sus mayores beneficios: una educación de carácter integral, en un ámbito que estimule la participación social del estudiante en las distintas esferas del quehacer ciudadano, con un modelo pedagógico basado en el constructivismo, que en lo específico de la Física vincule el experimento real con la simulación, y con diseños didácticos que promuevan el desarrollo de la iniciativa y la creatividad, a través de actividades de comprensión que hacen hincapié en el planteo de situaciones problemáticas. Propuesta que no excluye, sino que propone la incorporación de actividades virtuales, pero como complemento de las presenciales.

La perspectiva planteada implica que los docentes no sólo debemos preocuparnos por los aspectos técnicos de las herramientas informáticas, sino que resulta fundamental que nos aboquemos a los diseños didácticos que permitan aplicarlas con mayores beneficios.

## Bibliografía

BRUNER, J. *La educación, puerta de la cultura*. Visor. Madrid. 1997.

CASTELLS, M. *La era de la información*. Madrid. Alianza Editorial. 1997.

LITWIN, E.: *Las configuraciones didácticas*. PAIDÓS. Buenos Aires. 2000

MATURANA, H. *Conferencia inaugural en el V Congreso Internacional de Informática (RIBIE 2000)*, Chile.

PERKINS, D.: *La escuela inteligente*. Gedisa. España. 1997